

Europäisches Patentamt  
Eur pean Patent Office  
Office européen des brevets



(11) EP 1 032 065 A2

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
30.08.2000 Patentblatt 2000/35

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: H01M 8/02

(21) Anmeldenummer: 00101763.1

(22) Anmeldetag: 28.01.2000

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 27.02.1999 DE 19908555

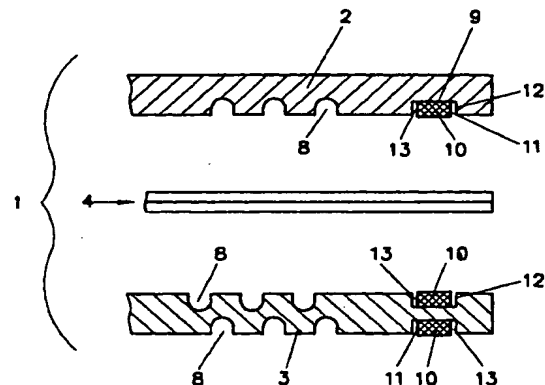
(71) Anmelder: Firma Carl Freudenberg  
69469 Weinheim (DE)

(72) Erfinder:  
• Schilling, Hermann, Dr.  
69469 Weinheim (DE)  
• Hofmann, Günter  
68526 Ladenburg (DE)  
• Bock, Eberhard, Dr.  
69509 Mörlenbach (DE)

(54) **Dichtungsanordnung für grossflächige dünne Teile**

(57) Dichtungsanordnung für miteinander zu verbindende großflächige dünne Teile zum gegenseitigen Abdichten von benachbarten Trennplatten, insbesondere Bipolarplatten mit zwischengelegten Ionenaustausch-Membran-Einheiten in Brennstoffzellen mit Dichtelementen aus polymerem Material, bei denen die einzelnen Dichtelemente in Ausnehmungen eingespritzt mit der jeweiligen dazugehörigen Bipolarplatte eine integrale Einheit bilden, wobei zwischen den Seitenwänden (11) der Dichtelemente (10) und den benachbarten Wänden (12) der Ausnehmungen (43), Freiräume oder Spalte (13) zur Aufnahme des beim Zusammenpressen ausweichenden elastischen Dichtungsmaterials vorhanden sind und wobei vor dem Zusammenpressen die Dichtelemente (10) die Ausnehmungen oder Spalte (13) nur teilweise ausfüllen und die Höhe (H) der Dichtelemente (10) größer als die Tiefe (T) der Ausnehmung oder Spalte (13) ist.

Fig.1



EP 1 032 065 A2

## Beschreibung

### Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung befaßt sich mit einer Dichtungsanordnung für miteinander zu verbindende großflächige dünne Teile zum gegenseitigen Abdichten von benachbarten Trennplatten, insbesondere Bipolarplatten mit zwischengelegten Ionenaustausch-Membran-Einheiten (MEA) in Brennstoffzellen mit Dichtelementen aus polymerem Material, bei denen die einzelnen Dichtelemente in Ausnehmungen eingefügt mit der jeweilig zugehörigen Bipolarplatte eine integrale Einheit bilden.

[0002] In neuerer Zeit haben elektrochemische Brennstoffzellen an Bedeutung gewonnen. Hier liegen verschiedene Ausführungsformen vor, je nach eingesetzten Bau- bzw. Brennstoffmaterialien. So ist beispielsweise in der PCT-Anmeldung WO 93/06627 eine solche Brennstoffzelle ausführlich behandelt. Unabhängig von der Konfiguration der Brennstoffzellen ist die Abdichtung der einzelnen gas- bzw. flüssigkeitsführenden Kanäle von großer Bedeutung. In der angeführten PCT-Anmeldung werden hierzu keine näheren Ausführungen gemacht. Es wird lediglich angemerkt, daß die Peripherie der einzelnen Trennplatten mit einer Abdichtung versehen ist.

### Stand der Technik

[0003] Auf die Dichtungsproblematik geht näher die EP PA 0 604 683 ein und es wird ein Dichtungsmaterial aus Silikon, Gummi oder extrudierbarem elastomerem Material vorgeschlagen. In die Nuten der Trennplatten wird das Dichtmaterial vor dem Zusammenfügen der Platten injiziert. Eine solche Dichtungsanordnung hat jedoch den Nachteil, daß sie im Gebrauch sehr schnell an Elastizität verliert und somit ggfs. Undichtigkeiten auftreten können.

[0004] Allgemein bekannt ist auch, separat hergestellte Dichtungen einzeln in die vorgesehenen Nuten in den Trennplatten einzukleben. Dieser Vorgang ist zeitaufwendig, schwer zu beherrschen und birgt die Gefahr von Produktionsfehlern in sich. Die mechanische Belastung während der Montage führt häufig zu Verformungen und Dehnungen und damit zur Unbrauchbarkeit der Dichtungen. Eine hohe Ausschußrate und ein hoher Arbeitseinsatz sind die Folgen.

[0005] Die Bipolarplatten einer Brennstoffzelle sind durch die sogenannte MEA (Membrane-Elektrode-Assembly) voneinander getrennt. Sind beispielsweise die Dichtungen der beiden Trennplatten bzw. Bipolarplatten, die durch die MEA voneinander getrennt sind, nach der Montage lateral gegeneinander versetzt, so tritt in den Bipolarplatten und in den Dichtungen eine ungleichmäßige Kräfte- und Pressungsverteilung auf, die die einzelnen Komponenten der Brennstoffzelle stark beanspruchen. Dieser laterale Versatz der Dichtung ist aufgrund von Herstellungstoleranzen kaum zu

vermeiden.

[0006] Um die genannten Probleme zu umgehen, wird in der EP PA 0774 794 vorgeschlagen, die Trennplatten so auszubilden, d.h. mit einer Erhebung zu versehen, daß sie gleichzeitig die Dichtung bilden. Dieses setzt jedoch voraus, daß die Trennplatten aus einem elastischen plastisch verformbaren Material bestehen.

### Darstellung der Erfindung

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Dichtungsanordnung zu schaffen, die eine einfache und schnelle Montage der Brennstoffzelle erlaubt und außerdem eine gleichmäßige Kräfte- und Pressungsverteilung in den einzelnen Komponenten gewährleistet. Die Lösung der gestellten Aufgabe erfolgt bei einer Dichtungsanordnung der eingangs genannten Gattung erfindungsgemäß dadurch, daß zwischen den Seitenwänden der Dichtelemente und den benachbarten Wänden der Ausnehmungen Freiräume oder Spalte zur Aufnahme des beim Zusammenpressen ausweichenden elastischen Dichtungsmaterials vorhanden sind, wobei vor dem Zusammenpressen die Dichtelemente die Ausnehmungen oder Spalte nur teilweise ausfüllen und die Höhe der Dichtelemente größer als die Tiefe der Ausnehmungen oder Spalte ist. Somit wird folglich eine Anordnung geschaffen, bei der die Elastizität des Dichtungsmaterials beim Zusammenpressen durch eine behinderte Querdehnung nicht aufgehoben wird. Beim Zusammenpressen der Platten kann das Dichtungsmaterial seitlich ausweichen und es wird eine zuverlässige Dichtung erreicht. Auch die während des Betriebs der Brennstoffzelle auftretenden Änderungen der Komponenten hinsichtlich ihrer Ausdehnung werden von dieser Dichtungsanordnung unproblematisch aufgenommen.

[0008] Mit Ausnehmung wird hier jedwede Ausgestaltung an einer Trenn- oder Bipolarplatte bezeichnet, in die das Dichtelement eingebracht ist. Die Ausnehmung kann in der Form einer muldenartigen Vertiefung vorliegen oder auch als Nut ausgebildet sein. Einzuhalten ist jedoch, daß das über die Ausnehmungen hinausragende Volumen der Dichtelemente kleiner als das bei nicht zusammengepreßten Dichtelementen vorhandene Volumen der Freiräume beziehungsweise Spalte der Ausnehmungen ist. Es ist ausreichend Freiraum vorzusehen, damit das Dichtungsmaterial beim Zusammenpressen seitlich ausweichen kann. Dabei muß wenigstens auf einer Seite des Dichtelements ein Freiraum oder Spalt hierfür vorhanden sein.

[0009] Die Bipolarplatten werden überwiegend aus Graphit, Metallblechen oder elektrisch leitenden Polymeren hergestellt. Insbesondere bei Bipolarplatten aus Graphit ist die Haftung der Dichtung am Graphit problematisch. Um hier eine größtmögliche Sicherheit zu erreichen, ist vorgesehen bei Bipolarplatten mit einseitig vorhandenen Ausnehmungen die Nut in Form einer Hinterschneidung auszuführen oder die Talsohlen

mit Sacklöchern zu versehen, um dadurch eine Verankerung der Dichtelemente in den Platten zu erreichen. Dabei ist es auch günstig, wenn die Sacklöcher schräg zur Plattenebene ausgerichtet sind oder an ihrem Boden eine Erweiterung haben. Dadurch wird ein Verhaken der eingespritzten Dichtung mit der Platte erreicht.

[0010] Gemäß einer anderen Ausführungsform können die Bipolarplatten mit einseitigen Ausnehmungen von der Talsohle ausgehend durchgängige Löcher haben, die in von der anderen Seite der Platte angebrachte Bohrungen größeren Durchmessers münden. Während des Spritzvorganges gelangt dadurch ein Teil der Dichtungsmasse durch die Platte hindurch in die Bohrung und breitet sich darin aus. Auf diese Weise wird eine sichere Verankerung der Dichtelemente erreicht, die insbesondere bei Platten der Brennstoffzelle, bei denen keine doppelseitige Dichtungsanordnung erforderlich ist, angewendet werden kann.

[0011] Bei Bipolarplatten, die beidseitig mit Dichtelementen zu versehen sind, ist es vorteilhaft, wenn bei sich gegenüberliegenden Ausdehnungen deren Talsohlen mit durchgehenden Löchern versehen sind. In diesem Fall werden die sich gegenüberliegenden Dichtelemente während des Spritzvorganges verliert sicher miteinander verbunden.

[0012] Bei manchen Bipolarplatten besteht die Aufgabe, die Dichtelemente an den Außenkanten der Platten bzw. an den Kanten von Durchbrüchen in den Platten anzubringen. Hier können in weiterer Ausgestaltung des Erfindungsgedankens die abzudichtenden Kanten der Bipolarplatten ein- oder zweiseitig abgestuft sein und jeweils von einem Dichtelement eingefasst werden. Die entsprechenden Kanten werden vom Dichtelement umspannt und auf beiden Plattenseiten sind die Dichtungen vorhanden.

[0013] Die oben beschriebenen Ausgestaltungen der Dichtungselemente ergeben eine vertiersichere Befestigung der Dichtelemente an den Bipolarplatten. Außerdem liegen die Dichtelemente der einzelnen Platten bei ihrem Zusammenbau in einer Flucht, so daß eine sehr gute gleichmäßige Kräfte- und Pressungsverteilung in den Dichtelementen erreicht wird. Diese gleichmäßige Kräfte- und Pressungsverteilung kann noch weiter dadurch unterstützt werden, daß die Dichtelemente an einer ihrer Dichtflächen mit einem vorstehenden Dichtprofil ausgestattet werden, das an der MEA im Bereich der flach ausgebildeten Dichtfläche des benachbarten Dichtprofils bzw. Dichtfläche zum Anliegen kommt. Dies ist besonders günstig, wenn zwischen den Dichtflächen die relativ weiche und dünne Membrane eingespannt wird.

#### Kurzbeschreibung der Zeichnung

[0014] Anhand mehrerer in der Zeichnung dargestellter Ausführungsbeispiele wird die Erfindung näher erläutert. Es zeigt

Figur 1

Figur 2

Figuren 3A und 3B

Figuren 4A und 4B

Figuren 5A und 5B

Figuren 6A und 6B

Figur 7

Figur 8

#### Ausführung der Erfindung

[0015] In der Figur 1 ist ein Schnitt durch eine Randzone einer Brennstoffzelle gezeigt, wobei auf Einzelheiten im Aufbau der Brennstoffzelle verzichtet worden ist. Die einzelne Zelle 1 besteht im wesentlichen aus den Bipolarplatten 2 und 3 und der dazwischenliegenden MEA (Membrane Elektrode Assembly) 4. Die Bipolarplatten 2 und 3 sind mit Kanälen 8 für Gase und Flüssigkeiten versehen. In die Nuten 9 der Bipolarplatten 2 und 3 sind die Dichtelemente 10 eingefügt. Im gezeigten Ausführungsbeispiel bestehen die Bipolarplatten 2 und 3 aus Graphit. Die Nuten 9 sind während der Herstellung der Graphitplatten 2 und 3 eingeformt. Die Dichtelemente 10 sind eingespritzt. Durch ein entsprechendes Werkzeug erfolgt der Einspritzvorgang so, daß zwischen den Seitenwänden 11 der Dichtelemente 10 und den angrenzenden seitlichen Nutwänden 12 die freien Spalte 13 vorhanden sind. Diese Spalte 13 sind so bemessen, daß sie beim Zusammendrücken der Dichtung 10 während der Montage deren Querdehnung nicht behindern, wie in Figur 2 gezeigt, so daß die Nut

auch nach mehrmaligem Ausdehnen der Dichtung im Betrieb nicht ganz ausgefüllt wird. Die aus elastomerem Material bestehenden Dichtelemente 10 behalten durch diese Maßnahme ihre Federwirkung. Eine sichere Abdichtung mit einer gleichmäßigen Kräfte- und Pressungsverteilung wird auf diese Weise erreicht.

[0016] In der Figur 2 ist eine Einzelzelle 1 mit einer weiteren Einzelzelle 1 miteinander verbunden. Die einzelnen Zellen 1 sind sich wiederholende Einheiten, die in der vorgesehenen Anzahl miteinander verbunden werden. Sie haben prinzipiell den gleichen Aufbau. Die zusammengepreßten Dichtelemente 10 haben an beiden Seiten Auswölbungen 14, die nicht an den seitlichen Nutwänden 12 anliegen. Im übrigen entspricht der Aufbau der Teile in Figur 2 dem der Teile in Figur 1, so daß bezüglich der Bezeichnungen auf Figur 1 zurückgegriffen werden kann.

[0017] Die Figur 3A zeigt eine Draufsicht auf einen Abschnitt einer Bipolarplatte 2, die mit einer umlaufenden Nut 9 versehen ist und die Figur 3B einen Schnitt gemäß der Linie A-A. In die Nut 9 ist das Dichtelement 10 eingefügt. Zwischen dem Dichtelement 10 und den seitlichen Nutwänden 12 befindet sich die freie Spalte 13. Das Dichtelement 10 wird über die Zapfen 15 in den Sacklöchern 16 gehalten. Die Zapfen 15 entstehen während des Spritzvorganges. Das dafür notwendige Material dringt während des Spritzvorganges in die Sacklöcher 16 ein, die auf dem gesamten Umfang der Nut verteilt, in deren Talsohle oder Nutgrund 17 angebracht sind. Auf diese Weise sind die Dichtelemente 10 an der Bipolarplatte 2 verankert. Zur Verstärkung dieser Verankerung können einzelne oder alle Sacklöcher 16 auch schräg zur Plattenebene ausgerichtet und bevorzugt in der Winkelmittle angeordnet sein, wie das z.B. bei den Sacklöchern 18 gezeigt ist. Die schräge Anordnung der Sacklöcher 18 ist an den Ecken der Dichtung 10 besonders vorteilhaft, da sie hier Schrupfspannungen in zwei Richtungen aufnehmen können, wenn die Sacklöcher 18 auf die Mitte der Ecke ausgerichtet sind, z.B. in etwa im gleichen Winkel zu den aufeinandertreffenden Nutwänden.

[0018] Eine andere Möglichkeit der Verankerung der Dichtelemente 10 ist in den Figuren 4A und 4B dargestellt. Dort werden, wie bereits weiter oben geschildert, die Dichtelemente 10 auf nur einer Seite der Bipolarplatte 2 in die Nut 9 eingefügt. Auf der anderen Seite der Bipolarplatte 2 sind, der Nut 9 genau gegenüberliegend Bohrungen 20 angebracht, die durch die Löcher 19 mit der Nut 9 verbunden sind. Die Bohrungen 20 haben einen größeren Durchmesser als die Löcher 19, so daß während des Herstellungsvorgangs, wenn das Dichtelement 10 in die Nut eingespritzt wird, in den Bohrungen 20 Pfropfen 21 entstehen, welche das Dichtelement 10 sicher an der Bipolarplatte 2 halten. Die Pfropfen 21 stehen nicht über die Ebene 22 der Bipolarplatte 2 hervor, so daß sich hierdurch keine störenden Auswölbungen ergeben.

[0019] In den Figuren 5A und 5B ist eine Ausbil-

dung der Dichtungsanordnung gezeigt, bei der die Bipolarplatte 3 an ihren beiden Seiten mit den Dichtelementen 10 versehen ist. Die Bipolarplatte 3 ist in den Nuten 9 mit durchgehenden Löchern 19 versehen. Die beiden Dichtelemente 10 werden über die Löcher 19 während des Spritzvorgangs miteinander verbunden und damit unverlierbar an der Bipolarplatte 3 verankert.

[0020] In den voranstehenden Ausführungsbeispielen waren die Dichtelemente 10 in Nuten 9 angeordnet. Möglich ist auch eine Anordnung der Dichtelemente 10 auf dem äußeren Rand 23 einer Bipolarplatte 24 bzw. auf dem Rand 25 einer Durchbrechung 26 in einer Bipolarplatte 24. Diese Möglichkeit ist in den Figuren 6A und 6B gezeigt. Dort sind Dichtelemente 27 und 28 auf dem äußeren Rand 23 der Bipolarplatte 24 bzw. auf den inneren Rändern 25 der Durchbrechung 26 in der Bipolarplatte 24 eingefügt. Wie bei den vorangegangenen Ausführungsformen ist auch hier darauf zu achten, daß zwischen den Seitenwänden 29 und 30 der Dichtelemente 27 und 28 und den angrenzenden seitlichen Nutwänden 31 und 32 freie Spalte 33 vorhanden sind, damit das elastische Dichtelement ausreichend Ausweichmöglichkeit hat. Die Nut ist hier gewissermaßen einseitig, nämlich nur in Bezug auf die Innenseite 29 des außenliegenden Dichtelementes 27 bzw. auf die Außenseite 30 eines innenliegenden Dichtelementes 28. Der Spalt 33 entsteht zwischen der Dichtung 27 beziehungsweise 28 und der Bipolarplatte 24. Die Dichtelemente 27 und 28 werden auf die abgestuften Ränder 23 und 25 aufgespritzt. Während auf der einen Seite die Spalte 33 genügend Freiraum für eine elastische Verformung der Dichtelemente 27 und 28 ergeben, wird die elastische Verformungsmöglichkeit der Dichtelemente 27 und 28 auf den gegenüberliegenden Seiten 34 und 35 durch genügend Freiraum am Rand bzw. an der Durchbrechung 26 ermöglicht.

[0021] Am Beispiel der Figur 7 wird eine besonders günstige Ausführungsform eines Dichtelementes 36 behandelt, das auf der einen Seite eine im wesentlichen flach ausgebildete Dichtfläche 37 und an der anderen Seite eine Dichtfläche 38 mit einem vorstehenden Dichtprofil 39 hat. Der Rand 23 der Bipolarplatte 3 ist, wie in den Figuren 6A und 6B beschrieben, abgestuft und hält die Dichtelemente 36 und 40. Zwischen den Dichtelementen 36 und 40 liegt die MEA 4. Auf der unteren Seite der Figur ist das Dichtelement 40 gegenüber der Mitte des Dichtelementes 36 nach links verschoben. Außerdem ist gestrichelt das Dichtelement 40 gegenüber der Mitte des Dichtelementes 36 nach rechts verschoben eingezeichnet. Solche Verschiebungen können aus Toleranzgründen während der Montage oder auch im Betrieb entstehen. Durch das vorstehende Dichtprofil 39 wird jedoch in jeder Lage des Dichtprofils 40 zum Dichtprofil 36 eine äußerst sichere und gleichmäßige Kräfte- und Pressungsverteilung erreicht. Das Dichtprofil 39 liegt an der MEA 4 im Bereich der flachen Dichtfläche 37 des Dichtelementes 36 an. Das Dichtprofil

39 kann selbstredend auch bei den Dichtelementen 10, der Figuren 1 bis 6B zur Anwendung kommen.

Die Figur 8 zeigt im Schnitt Dichtelemente 10, die in rinnenförmige Ausnehmungen 43 auf beiden Seiten der Bipolarplatte 3 eingefügt sind. Über die Löcher 19 sind die Dichtelemente 10 miteinander verbunden. Die Höhe H der ungepressten Dichtelemente 10, gemessen von der Talsohle der Ausnehmung 43 aus, ist größer als die Tiefe T der Ausnehmung 43 gemessen von der Talsohle bis zur Oberfläche 44 der Bipolarplatte 3. Im oberen Teil der Figur ist das Dichtelement 10 im ungepressten Zustand eingezeichnet. Dabei überragt es die Oberfläche 44 der Bipolarplatte 3. Im unteren Teil der Figur liegt das Dichtelement 10 an einer Fläche 45 einer benachbarten Bipolarplatte oder MEA an und ist zusammengepreßt. Deutlich sichtbar ist, daß nach dem Zusammenpressen des Dichtelements 10 noch genügend Ausweichmöglichkeit für das Dichtelement 10 in den Ausnehmungen 43 verbleibt. Dadurch bleibt die Elastizität des Dichtelements 10 erhalten.

#### Patentansprüche

1. Dichtungsanordnung für miteinander zu verbindende großflächige dünne Teile zum gegenseitigen Abdichten von benachbarten Trennplatten, insbesondere von Bipolarplatten mit zwischengelegten Ionenaustausch-Membran-Einheiten (MEA) in Brennstoffzellen mit Dichtelementen aus polymeren Material, bei denen die einzelnen Dichtelemente in Ausnehmungen eingefügt mit der jeweilig dazugehörigen Bipolarplatte eine integrale Einheit bilden, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den Seitenwänden (11) der Dichtelemente (10) und den benachbarten Wänden (12) der Ausnehmungen (43) Freiräume oder Spalten (13) zur Aufnahme des beim Zusammenpressen ausweichenden elastischen Dichtungsmaterials vorhanden sind, wobei vor dem Zusammenpressen die Dichtelemente (10) die Ausnehmungen (43) oder Spalte (13) nur teilweise ausfüllen und die Höhe (H) der Dichtelemente (10) größer als die Tiefe (T) der Ausnehmungen oder Spalte (13) ist.
2. Dichtungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausnehmungen (43) muldenartige Vertiefungen sind.
3. Dichtungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausnehmungen als Nuten (9) ausgebildet sind.
4. Dichtungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das über die Ausnehmungen (43) hinausragende Volumen der Dichtelemente (10) kleiner als das bei nicht zusammengepressten Dichtelementen (10) vorhandene Volumen der Freiräume (43) beziehungsweise

Spalte (13) der Ausnehmungen ist.

5. Dichtungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens auf einer Seite des Dichtelements (10) ein Freiraum oder Spalt (13) vorhanden ist.
6. Dichtungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß bei Bipolarplatten (2, 3) mit einseitig vorhandenen Ausnehmungen (9) die Talsohlen (17) mit Sacklöchern (16) versehen sind.
7. Dichtungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Sacklöcher (18) schräg zur Plattenebene ausgerichtet sind.
8. Dichtungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Sacklöcher (18) zu ihrem Boden hin erweitert sind.
9. Dichtungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Bipolarplatten (2) mit einseitigen Ausnehmungen (9) von der Talsohle ausgehende durchgängige Löcher (19) haben, die in von der anderen Seite der Platte (2) angebrachte Bohrungen (20) größeren Durchmessers münden.
10. Dichtungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß bei Bipolarplatten (3) mit beidseitig vorhandenen sich gegenüberliegenden Ausnehmungen (9) die Talsohlen (17) mit durchgehenden Löchern (19) miteinander verbunden sind.
11. Dichtungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die abzustichenden Ränder (23, 25) der Bipolarplatten (23) mit einer ein- oder zweiseitigen abgestuften Kante (41) versehen sind, die jeweils von einem Dichtelement (27, 28) eingefaßt ist.
12. Dichtungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Dichtelemente (36, 40) an einer ihrer Dichtflächen (38) mit einem vorstehenden Dichtprofil (39) ausgestattet sind, das an der MEA im Bereich der flach ausgebildeten Dichtfläche (37) des benachbarten Dichtelements (36) anliegt.

Fig.1

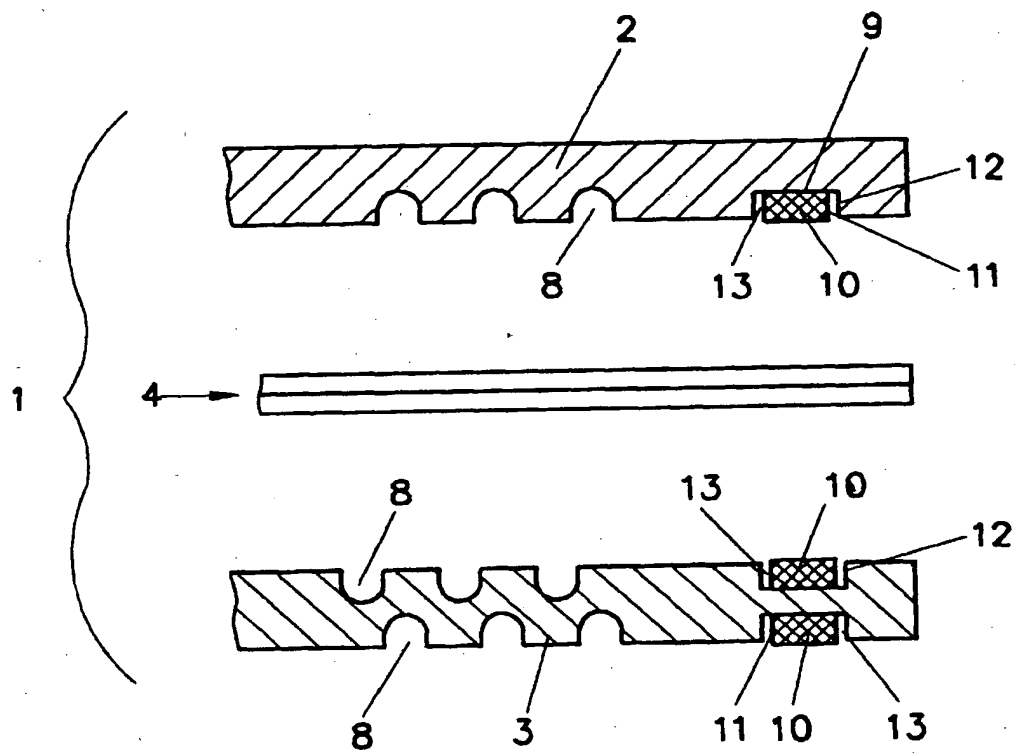


Fig.2

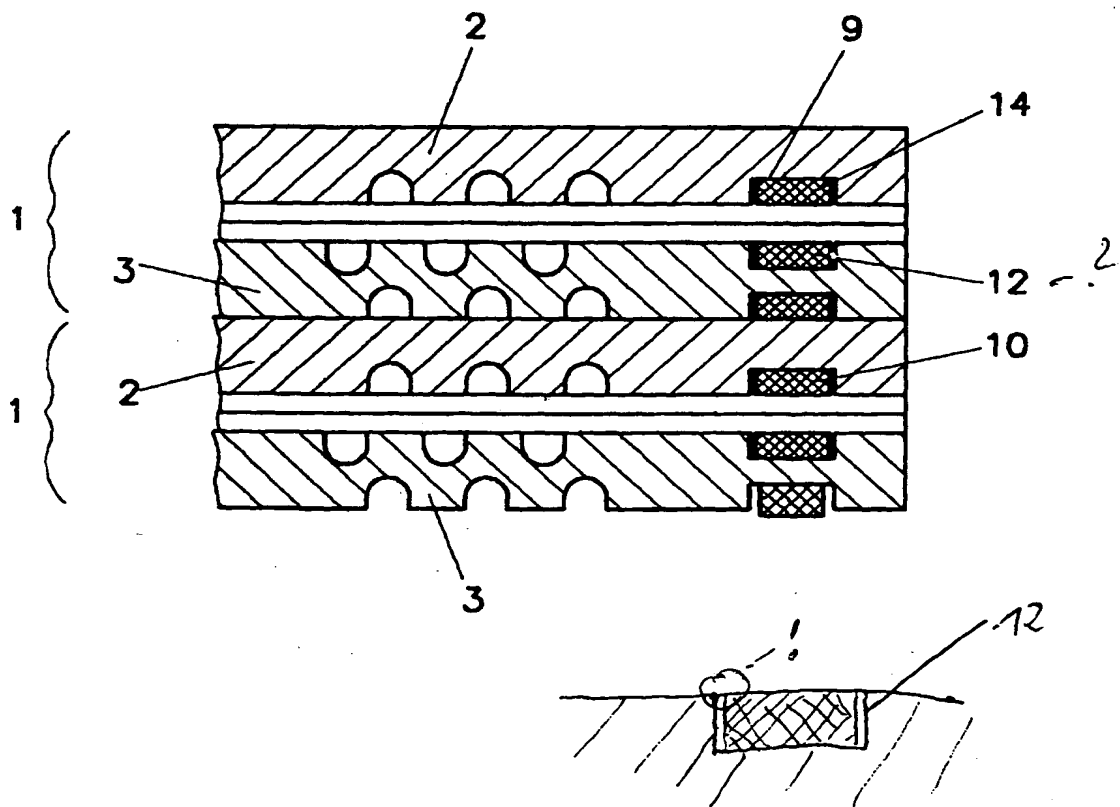


Fig.3A

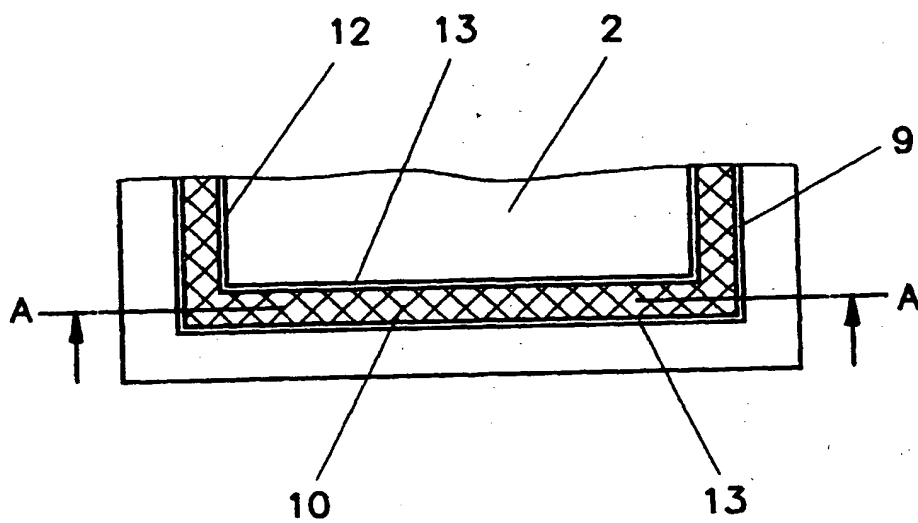




Fig.3B

Schnitt A-A

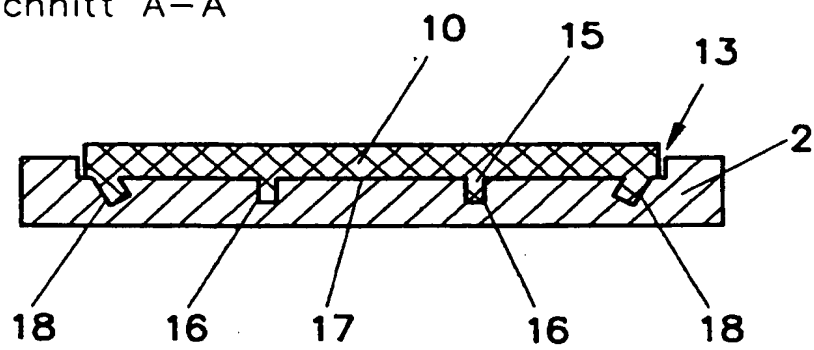


Fig.4A

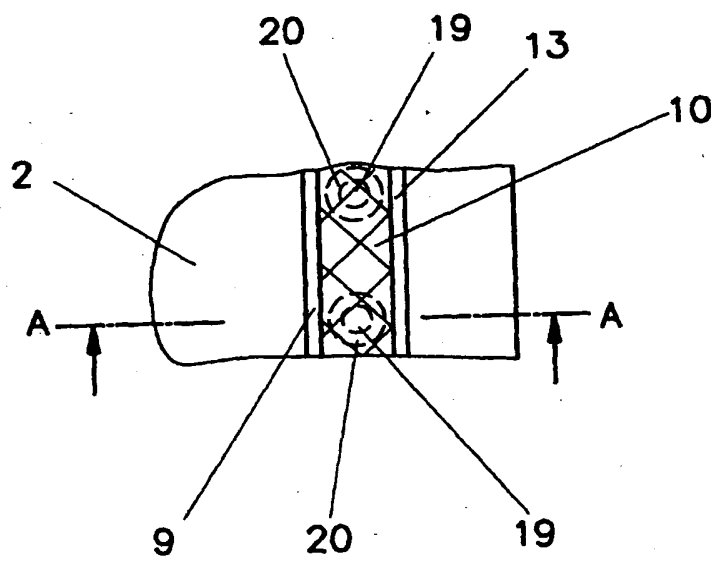


Fig.4B

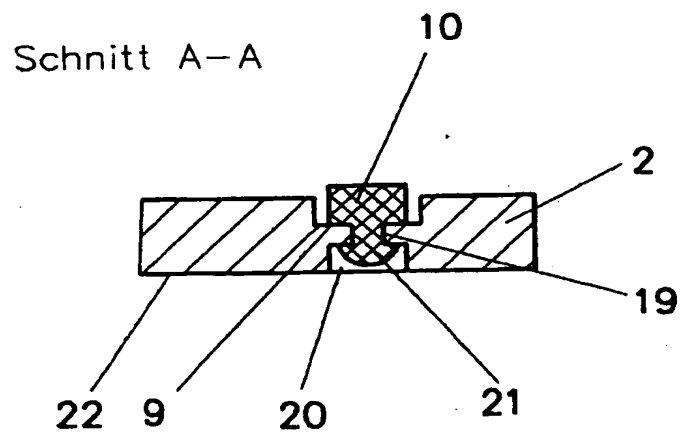


Fig.5A

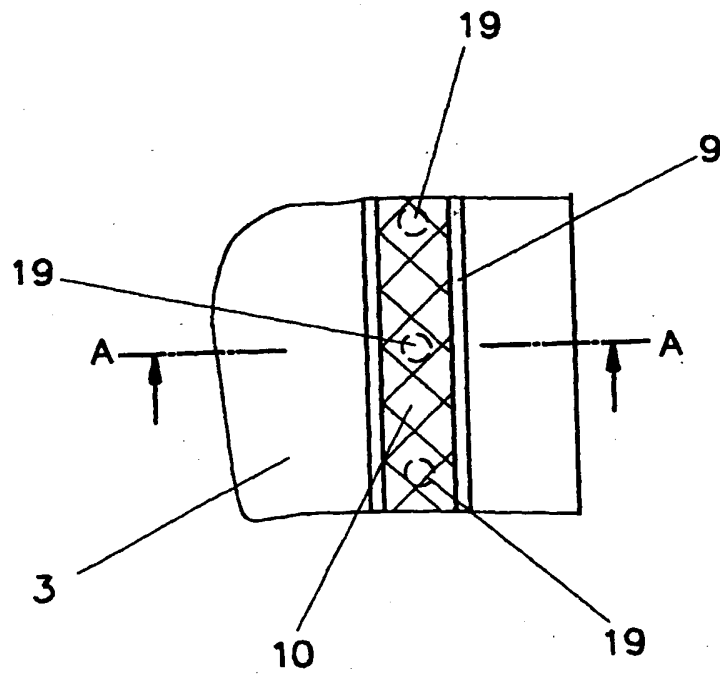


Fig.5B

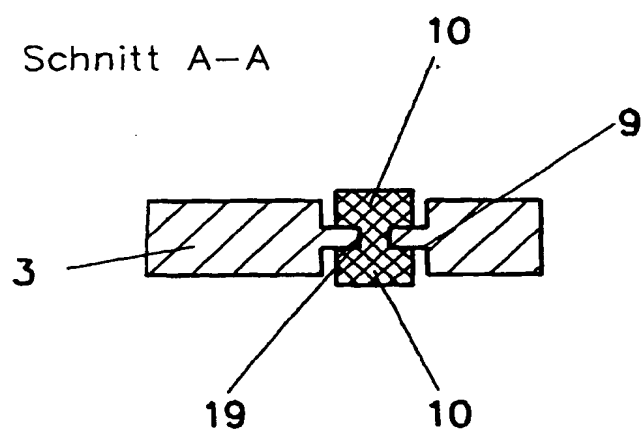


Fig.6A

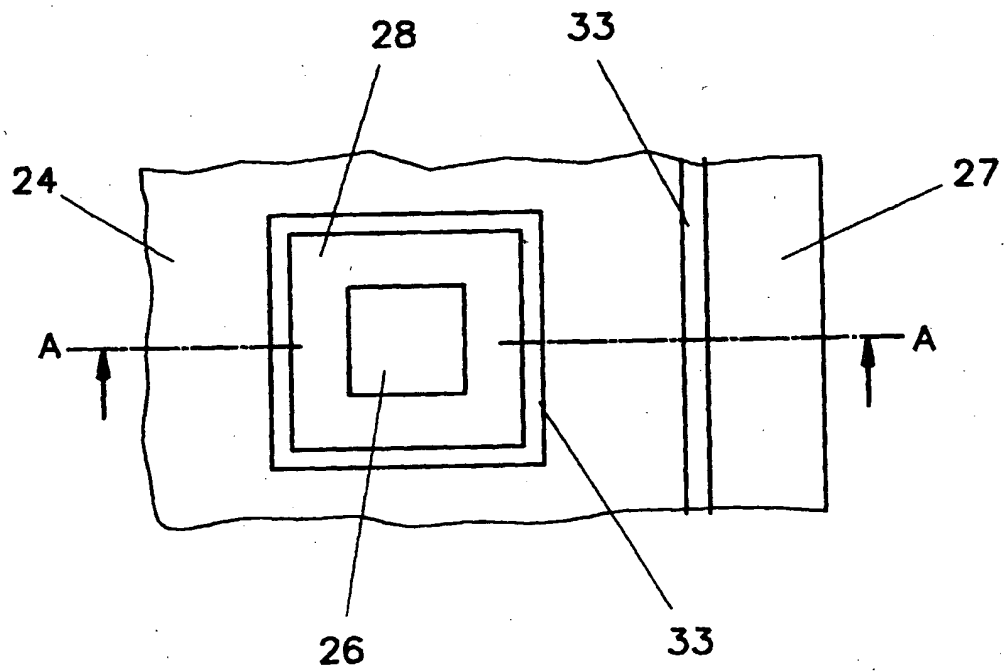


Fig.6B

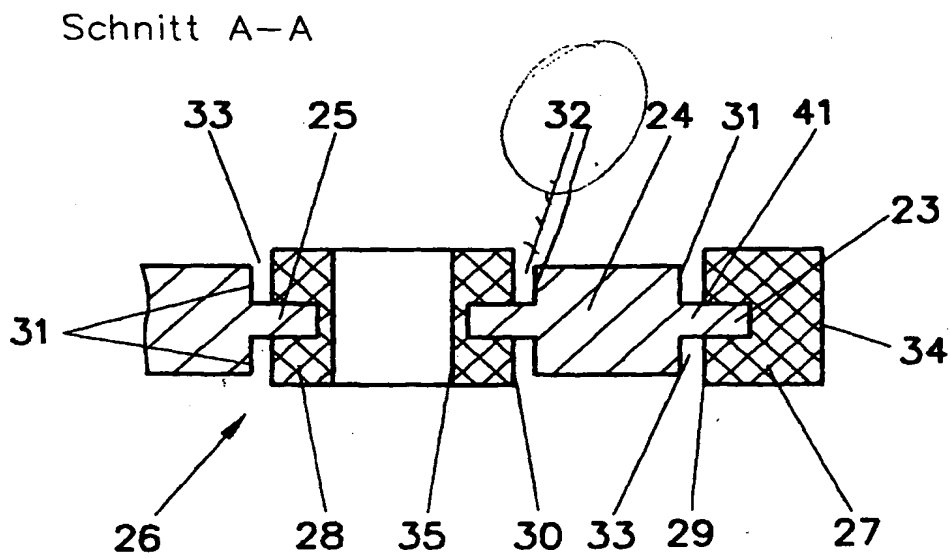






Fig.8

